

DERWENT-ACC-NO: 1992-013227

DERWENT-WEEK: 200029

COPYRIGHT 2006 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Plasma processing with increased stability - by control  
of selecting means to automatically select stabilising  
mode

PATENT-ASSIGNEE: HITACHI LTD[HITA] , OSAKA TRANSFORMER CO LTD[OSKA]

PRIORITY-DATA: 1990JP-0063790 (March 14, 1990) , 1990JP-0063790 (March 14, 1990)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 03263828 A	November 25, 1991	N/A	000	N/A
JP 3044049 B2	May 22, 2000	N/A	011	H01L 021/3065

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 03263828A	N/A	1990JP-0063790	March 14, 1990
JP 3044049B2	N/A	1990JP-0063790	March 14, 1990
JP 3044049B2	Previous Publ.	JP 3263828	N/A

INT-CL (IPC): C23F004/00, H01L021/30 , H01L021/3065 , H05H001/46

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 03263828A

BASIC-ABSTRACT:

A plasma mode selecting means is constructed to be controlled to select a predetermined plasma stabilising mode automatically based on a calculated load impedance.

USE - Stability of plasma discharge and regeneration ability of a process can be improved.

TITLE-TERMS: PLASMA PROCESS INCREASE STABILISED CONTROL SELECT  
AUTOMATIC SELECT  
STABILISED MODE

DERWENT-CLASS: M14 U11 V05 X14

CPI-CODES: M14-A02;

EPI-CODES: U11-C09C; V05-F05C; V05-F05E5; X14-F02;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1992-005835

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1992-009858

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-263828

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)11月25日

H 01 L 21/302  
C 23 F 4/00

B 8122-4M  
D 7179-4K

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全11頁)

⑮ 発明の名称 プラズマ処理方法及び装置

⑯ 特 願 平2-63790

⑰ 出 願 平2(1990)3月14日

⑱ 発 明 者 鳥 居 善 三 東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社日立製作所武蔵工場内

⑲ 発 明 者 野 尻 一 男 東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社日立製作所武蔵工場内

⑳ 発 明 者 谷 口 道 夫 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 出 願 人 株式会社ダイヘン 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号

㉓ 代 理 人 弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

プラズマ処理方法及び装置

2. 特許請求の範囲

1. プラズマ処理の立ち上げ時に、またはプラズマ処理中に、与えられたマイクロ波に対して発生する定在波量を検出し、その検出信号に基づいて負荷のインピーダンス値を算出し、その算出値に基づいてマイクロ波発生源側とプラズマ生成室側とのインピーダンスを整合するとともに、前記算出値を予め設定された目標値に近づけるように、プラズマモード選択手段を制御することにより、複数存在するインピーダンス整合点のそれぞれのプラズマ安定モードのうち、所定のプラズマ安定モードを自動的に選択することを特徴とするプラズマ処理方法。
2. マイクロ波発生源側から発生したマイクロ波を導波管を通じてプラズマ生成室側に伝搬し、前記プラズマ生成室内に収容された被処理物に対して所定のプラズマ処理を行うプラズマ処理

装置であって、前記マイクロ波に対して発生する定在波量を検出する検出器と、前記マイクロ波発生源側とプラズマ生成室側との複数のインピーダンス整合点の各々に存在するプラズマ安定モードのうち、所定のプラズマ安定モードを自動的に選択するプラズマモード選択手段と、前記所定のプラズマ安定モードを自動的に選択するために予め設定された目標値を記憶する記憶部と、前記検出器によって検出された信号に基づいて負荷のインピーダンス値を算出し、その算出値に基づいて前記マイクロ波発生源側とプラズマ生成室側とのインピーダンスを整合し、かつ前記算出値を前記目標値に近づけるように、前記プラズマモード選択手段を制御するコントロール部とを備えるプラズマ処理装置。

3. 前記目標値が、定在波量から算出された負荷のインピーダンス値である他、イオン電流値、プラズマ発光強度値であって、それにより所定のプラズマ安定モードを自動的に選択することとを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置。

4. 前記プラズマモード選択手段が、電磁コイルまたはスタブ整合器であることを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置。

### 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、プラズマ処理技術に関し、特に半導体集積回路装置の製造工程で行われるプラズマ処理技術に適用して有効な技術に関するものである。

〔従来の技術〕

従来のマイクロ波プラズマ装置において、その装置を構成するマイクロ波発振装置においては、その立ち上げ時あるいはメンテナンス時に、マグネトロンに高電圧を印加してマイクロ波を発生した後、作業者が装置に設置されている反射波電力メータを観測して、その測定値が入射波電力の1/10以下となるように、スタブ整合器を手動で調整しながら、出力設定つまみを徐々に増加し、所定のマイクロ波電力がプラズマ生成室（以下、負荷ともいう）側に印加されるように操作していた。

るために、マイクロ波オートマッチング装置を用いることが考えられる。このマイクロ波オートマッチング装置を使用する場合においては、4本のスタブを自動的に動作させながら導波管内に設けられた4探針形の検出器によって定在波の状態を検出し、定在波がなくなった状態、すなわちインピーダンス整合点に設定された段階でスタブの動作を停止するように構成される。例えばスタブは2本で1組となって構成され、2本のスタブが1個のモータによって“つるべ運動する”ように構成することができる。スタブの動作は予めパターン化され、例えば次のように構成される。すなわち、まず、どちらか一方の組のスタブを動作させながら所定時間毎に定在波の状態を検出器により検出する。その動作中に定在波がなくなればその動作を停止するが、その組のスタブを最大まで動作させても定在波がなくならない場合には、その組のスタブを導波管から抜き出しながら他方の組のスタブを自動的に動作させて定在波の状態を検出する。このような動作を定在波がなくなるまで

ところで、インピーダンスが定まらない負荷へマイクロ波電力を有効に送り込み、かつプラズマ放電の安定性を良好にするには、マイクロ波発生源と負荷とのインピーダンス整合が必要である。上記マイクロ波発振装置においては、反射波電力が零（0）となるように、作業者がスタブ整合器を手動で調整し、だいたいのインピーダンス整合点を設定するようになっている。しかし、作業者が反射波電力メータを観測しながら手動でインピーダンス整合点を調整するのでは、充分な調整精度が得られず、調整の度にその値が若干異なり、プラズマ処理の再現性が良好といえない。さらに、プラズマ処理毎または処理中に、例えばプラズマ生成室内における汚れ等の経時変化やガス流量や圧力等の処理条件あるいはガスの種類等の処理雰囲気の変動により、負荷のインピーダンスが変動するが、人手調整では、その変動に従ってインピーダンス整合点を設定することは不可能であり、プラズマ放電が不安定となってしまう。

そこで、その整合動作を自動的に行うようにす

続けてインピーダンス整合点を自動的に探索することができる。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところで、上記したように、負荷のインピーダンスは、例えば経時変化等により処理毎あるいは処理中に変化してしまう。したがって、インピーダンス整合点は一つではなく、負荷のインピーダンス値の変化に対応して複数存在することになる。すなわち、本発明者の検討によれば、インピーダンス整合時のプラズマ安定モードは、負荷のインピーダンスの違いによって複数存在することが見出された。

ところが、上記の自動インピーダンス整合技術を使用する場合においては、インピーダンス整合をとることしか考慮されないで、複数存在するプラズマ安定モードのうちの所定のプラズマ安定モードを選択することはできず、処理毎、処理装置毎あるいは処理中に、負荷のインピーダンスおよびプラズマ安定モードが変化してしまい、プラズマ放電の安定性および処理プロセスの再現性が

得られない問題があった。特に、処理中に、負荷のインピーダンスが変動し、例えばいずれもインピーダンス整合状態であっても、その時の負荷のインピーダンスが非線形的に移動し合うハンチング現象が発生してしまい、プラズマ放電の安定性および処理プロセスの再現性が得られない問題があった。

また、処理条件や処理雰囲気等の異なる複数の処理ステップを一貫して行う多段階プラズマ処理等においては、各ステップ毎に最適なプラズマ安定モードが存在するが、従来技術では、インピーダンス整合はとれても各ステップに最適なプラズマ安定モードを選択することはできないので、多段階プラズマ処理を一貫して良好に行うことができない問題があった。

さらに、上記のようなスタブの自動動作では、負荷のインピーダンスの急激、かつ微妙な変動に対して高速、かつ高精度に対応することができないので、プラズマ放電の安定性およびプロセスの再現性が得られない問題があった。

波発生源側とプラズマ生成室側とのインピーダンスを整合するとともに、前記算出値を予め設定された目標値に近づけるように、プラズマモード選択手段を制御することにより、複数存在するインピーダンス整合点のそれぞれのプラズマ安定モードのうち、所定のプラズマ安定モードを自動的に選択するプラズマ処理方法とするものである。

#### 〔作用〕

上記した請求項1記載の発明によれば、例えば一つのプラズマ処理に際して常に一つのプラズマ安定モードを選択するように目標値を設定することにより、処理毎、装置毎あるいは処理中に、一貫して同一のプラズマ安定モードでプラズマ処理を行うことができるので、処理毎あるいは装置毎の特性のパラッキや処理中における負荷のインピーダンス変動およびハンチング現象等を防止することができる。

また、例えば多段階プラズマ処理等においては、各ステップ毎に最適なプラズマ安定モードを選択するように目標値を設定することにより、各ス

本発明は上記課題に着目してなされたものであり、その目的は、プラズマ放電の安定性およびプロセスの再現性を向上させることのできる技術を提供することにある。

本発明の他の目的は、多段階プロセスにおけるプラズマ処理を一貫して良好に行うことのできる技術を提供することにある。

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

すなわち、請求項1記載の発明は、プラズマ処理の立ち上げ時に、またはプラズマ処理中に、与えられたマイクロ波に対して発生する電界定在波の振幅を検出して、電圧定在波の振幅と位相を算出し、さらにその値に基づいて負荷のインピーダンス値を算出し、その算出値に基づいてマイクロ

波に最適なプラズマを生成することができるので、多段階プラズマ処理を一貫して良好に行うことができる。

さらに、例えば負荷のインピーダンス値と、算出された負荷のインピーダンス値を目標値にするために最適なプラズマモード選択手段の制御指令との相関表を作成しておき、その相関表に基づいてプラズマモード選択手段を制御することにより、プラズマ処理の立ち上げに際しては、所定のプラズマ安定モードを高速で設定することができ、また、プラズマ処理中においては、負荷のインピーダンスの急激、かつ微妙な変動等に高速、かつ高精度に対応することができる。

#### 〔実施例1〕

第1図は本発明の一実施例であるプラズマ処理装置の要部構成図、第2図はこのプラズマ処理装置のスタブ整合器を示す説明図である。

以下、本実施例1のプラズマ処理装置を第1図および第2図により説明する。

第1図に示す本実施例1のプラズマ処理装置1

は、例えばECRプラズマ・ドライエッチング装置である。

プラズマ処理装置1は、高圧電源2と、マイクロ波発生源3と、アイソレータ4と、方向性結合器5と、導波管6と、パワーモニタ(検出器)7aと、スタブ整合器(プラズマモード選択手段)8と、プラズマ生成室9と、石英等からなるベルジヤ10と、第一、第二電磁コイル(プラズマモード選択手段)11a、11bと、励磁用電源12と、パーソナルコンピュータ(コントロール部;以下、単にコンピュータという)13と、下部ステージ14と、バイアス用高周波電源15とを有しており、下部ステージ14上には、例えばサブミクロンの設計ルールの半導体集積回路が形成されるシリコン(Si)からなる半導体ウェハ(被処理物)16が設置されている。

マイクロ波発生源3には、図示しないマグネトロンが設置されている。マグネトロンは、高圧電源2から高電圧が印加されると、例えば2.45GHzのマイクロ波を発生するようになっている。マ

イクロ波発生源3から発生したマイクロ波は、導波管6を通じてプラズマ生成室9内へ伝搬されるようになっている。

導波管6内にはパワーモニタ7aとスタブ整合器8とが設置されている。

パワーモニタ7aは、例えば電圧定在波の振幅等の定在波量を検出するための検出部であり、マイクロ波の導波管内波長を $\lambda_g$ とすると、例えば $\lambda_g/4$ 、 $\lambda_g/6$ 、 $\lambda_g/8$ おきに配置された少なくとも3本の探針(図示せず)によって構成されている。また、パワーモニタ7aは、コンピュータ13と電気的に接続されており、検出された定在波信号等をコンピュータ13に伝送するようになっている。

ところで、本発明者の検討によれば、プラズマ生成室9側に同じマイクロ波電力を供給しても負荷のインピーダンス値の違いによって全く異なるプラズマ安定モードが存在すること、および負荷のインピーダンス値は、スタブ整合器または電磁コイルによって調整できることが見出された。

そこで、本実施例1のプラズマ処理装置1におけるスタブ整合器8においては、マイクロ波発生源3側と負荷とのインピーダンスを整合する機能を備えとともに、コンピュータ13と電気的に接続されて、プラズマ放電後のプラズマ処理装置1の立ち上げ時に、コンピュータ13から伝送された制御信号に基づいて負荷のインピーダンス値を所定値に設定し、複数存在するプラズマ安定モードのうち、所定のプラズマ安定モードを自動的に選択する機能を備えている。

スタブ整合器8は、第2図に示すように、例えば3本のスタブ8a、～8a、と、各スタブ8a、～8a、毎に配置されたパルスモータ8b、～8b、とから構成されている。

パワーモニタ7aより負荷側に設けられたスタブ整合器8は、上記パワーモニタ7aを構成する探針から、例えばパワーモニタ7aへスタブによる乱れが生じない程度に離れた位置に配置されている。また、各スタブ8a、～8a、は、導波管6内に、例えば $\lambda_g/6$ あるいは $\lambda_g/4$ 、 $\lambda_g$

$\lambda_g/8$ おきに配置されている。そして、各スタブ8a、～8a、の挿入、抜き出し動作は、各パルスモータ8b、～8b、によって独立して制御されるようになっている。

パルスモータ8b、～8b、は、コンピュータ13と電気的に接続されており、コンピュータ13によって、その動作が制御されるようになっている。

一方、プラズマ処理装置1のベルジヤ10の近傍には、第一、第二電磁コイル11a、11bが設置されている。

第一、第二電磁コイル11a、11bは、電界に対して直交する磁場を半導体ウェハ16の上方に形成し、電子を半導体ウェハ16の上面近傍に閉じ込めてイオン化効率を向上させる機能を備えている。

第一、第二電磁コイル11a、11bの各々は、励磁用電源12に独立して電気的に接続されている。すなわち、第一、第二電磁コイル11a、11bには、励磁用電源12から独立して電流が供

給されるようになっている。励磁用電源12は、コンピュータ13に電気的に接続されている。そして、本実施例1のプラズマ処理装置1における第一、第二電磁コイル11a、11bは、プラズマ放電後のプラズマ処理装置1の立ち上げ時に、コンピュータ13から伝送された制御信号に基づいて負荷のインピーダンス値を所定値に設定し、複数存在するプラズマ安定モードのうち、所定のプラズマ安定モードを自動的に選択できるようにになっている。

コンピュータ13は、プラズマ放電後のプラズマ処理装置1の立ち上げ時に、パワーモニタ7aによって検出された定在波量等に基づいて、例えば電圧定在波の振幅と位相とを算出し、さらにその値に基づいて負荷のインピーダンス値を算出し、その算出値と予めコンピュータ13の記憶部13aに記憶された負荷のインピーダンスの目標値とを比較してその算出値が目標値の許容範囲を超えている場合には、その算出値が目標値に近づくように、スタブ整合器8または第一、第二電磁コイ

ル11a、11bに制御信号を送信し、所定のプラズマ処理が一貫して同一のプラズマ安定モードで行われるように自動制御するようになっている。

記憶部13aに予め記憶された目標値には、所定のプラズマ処理に際して、その処理を行うのに最も適したプラズマ安定モードを選択するための負荷のインピーダンス値が設定されている。

また、記憶部13aには、予め設定された負荷のインピーダンス値と、その値に対応する制御指令とを記した相関表が目標値とともに記憶されている。制御指令には、負荷のインピーダンス値が算出された段階で、その算出値を最も速く目標値に近づけるために、どのようにスタブ整合器8または第一、第二電磁コイル11a、11bを制御すべきか、例えば何番のスタブを何mm挿入すれば良いか、あるいは何番の電磁コイルに何アンペア(A)の励磁電流を流せば良いか等の指令が記憶されている。

なお、バイアス用高周波電源15は、半導体ウエハ16に高周波バイアス電圧を印加することに

より、イオンエネルギーを独立して制御し、エッチング速度やエッチング形状等を制御するための電源である。

次に、本実施例1のプラズマ処理方法を説明する。なお、本実施例1においては、例えば酸素( $O_2$ )プラズマを用いた場合について説明する。

まず、プラズマ生成室9内に、例えば $O_2$ ガスを150 ml/min程度導入し、ロータリーポンプ(図示せず)によりプラズマ生成室9内の圧力を、例えば $1.6 \times 10^{-3}$  Torr程度とする。この際、半導体ウエハ16と下部ステージ14との間に、例えばウエハ冷却用のヘリウム(He)を7 ml/min程度導入する。

この状態で高圧電源2からマイクロ波発生源3のマグネトロンに、例えば850 W程度の電力を供給して、例えば2.45 GHzのマイクロ波を発生させ、このマイクロ波を導波管6を通じてプラズマ生成室9に伝搬し、プラズマ生成室9内にプラズマを生成する。この時の第一、第二電磁コイル11a、11bの励磁電流は、各々、例えば25

A、10 Aとする。

このようなプラズマ処理装置1の立ち上げ時に、パワーモニタ7aは、定在波信号等を検出し、その信号をコンピュータ13に伝送する。コンピュータ13は、伝送された定在波信号に基づいて、例えば電圧定在波の振幅と位相とを算出し、さらにその値に基づいて負荷のインピーダンス値を算出するとともに、例えば本実施例1においては、その算出値に基づいて反射波が零(0)となるように、スタブ整合器8に制御信号を送信する。この際の各スタブ8a、～8aの挿入量は、各々、例えば9.97 mm、10.30 mm、0 mmである。

ここで、単に反射波を零(0)にするようにスタブ整合器8を制御しただけでは、目標以外の他のインピーダンス整合点で整合がとれてしまう場合もあるので、本実施例1においては、以下のようにする。すなわち、まず、コンピュータ13は、負荷のインピーダンスの算出値と、記憶部13aに予め設定された負荷のインピーダンスの目標値とを比較し、その算出値が目標値の許容範囲を超

える場合には、その算出値が目標値に近づくように、例えば第一、第二電磁コイル11a、11bを制御する。その制御の方法として、コンピュータ13は、まず、予め記憶部13aに記憶された負荷のインピーダンス値と電磁コイルの制御指令との相関表を参照し、負荷のインピーダンスの算出値を最も速く目標値に設定するための制御指令を探索し、それを制御信号として励磁用電源12に伝送する。

励磁用電源12は、コンピュータ13から伝送された制御信号に基づいて第一、第二電磁コイル11a、11bに所定の励磁電流を流し、磁場を制御して負荷のインピーダンス値を目標値に自動設定する。ここで、例えばプラズマ処理に際して一貫して発光強度の強いプラズマ安定モードとなるように目標値を設定した場合、励磁用電源12は、コンピュータ13からの制御信号に基づいて第一、第二電磁コイル11a、11bに、各々、例えば25A、9Aの励磁電流を流す。また、例えばプラズマ処理に際して一貫して発光強度の弱

いプラズマ安定モードとなるように目標値を設定した場合、励磁用電源12は、コンピュータ13からの制御信号に基づいて第一、第二電磁コイル11a、11bに、各々、例えば16.5A、9Aの励磁電流を流す。

このようにしてインピーダンス整合点および所定のプラズマ安定モードを設定した後、プラズマ処理が一貫して同一のプラズマ安定モードで行われるように、スタブ整合器8および第一、第二電磁コイル11a、11bの設定値を固定してプラズマ処理を続ける。

なお、プラズマ処理に際しては、バイアス用高周波電源15に、例えば30W程度の電力を供給することにより、イオンエネルギーを独立して制御し、エッチング速度やエッチング形状等を制御する。

このように本実施例1によれば、以下の効果を得ることが可能となる。

(1)、プラズマ処理の立ち上げ時に、パワーモニタ7aによって検出された検出信号に基づいて負荷

のインピーダンス値を算出し、その算出値に基づいてマイクロ波発生源3側と負荷とのインピーダンスを整合するとともに、その算出値を、予め設定された常の一つのプラズマ安定モードを選択する目標値に近づけるように、第一、第二電磁コイル11a、11bを制御して、複数存在するプラズマ安定モードのうち、所定のプラズマ安定モードを自動的に選択することにより、プラズマ処理に際して、与えられたマイクロ波に対して発生する負荷のインピーダンス値を常に一定領域に保つことができるので、処理毎あるいは装置毎の特性のバラツキ等を防止することが可能となる。

(2)、負荷のインピーダンス値と、電磁コイルの制御指令との相関表を予め作成しておき、その相関表に基づいて第一、第二電磁コイル11a、11bを制御することにより、負荷のインピーダンス値を目標値に高速で設定することが可能となる。

(3)、上記(1)、(2)により、プラズマ放電の安定性およびプロセスの再現性を大幅に向上させることが可能となる。

(4)、上記(1)～(3)により、プラズマ処理におけるサブミクロン加工精度が大幅に向上するので、サブミクロン構造の半導体集積回路装置の信頼性および歩留りを向上させることが可能となる。

#### 〔実施例2〕

ところで、前記実施例1においては、所定のプラズマ安定モードを第一、第二電磁コイル11a、11bによって自動的に選択した場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、前記実施例1で用いた第1図、第2図により説明すると、例えば所定のプラズマ安定モードをスタブ整合器8によって自動的に選択しても良い。そして、この場合、プラズマ放電直後の負荷のインピーダンス値が初めから目標値に近くなるように、プラズマ放電の前にスタブ整合器8を予め自動設定しておいても良い。

すなわち、本実施例2においてコンピュータ13は、例えばプラズマ処理装置1の電源投入と同時に、プラズマ放電直後の負荷のインピーダンス値が初めから目標値に近くなるように、スタブ整

合器 8 を自動設定する。

例えば発光強度の強いプラズマ安定モードとなるように目標値を設定した場合は、スタブ 8 a<sub>1</sub> のみを所定量だけ挿入する。また、例えば発光強度の弱いプラズマ安定モードとなるように目標値を設定した場合は、スタブ 8 a<sub>1</sub> のみを所定量だけ挿入する。ここで、本実施例 2 においては、第一、第二電磁コイル 11 a、11 b の励磁電流を、各々、例えば 25 A、10 A に固定する。

次いで、プラズマ放電を開始すると、パワーモニタ 7 a は、定在波信号等を検出し、その信号をコンピュータ 13 に伝送する。コンピュータ 13 では、その信号から負荷のインピーダンス値を算出する。コンピュータ 13 は、その算出値に基づいて、例えば反射波が零 (0) となるように、かつその算出値と目標値とを比較してその算出値が目標値の許容範囲を超えている場合には、その算出値が目標値に近づくように、前記した相関表を参照して、スタブ整合器 8 に制御信号を伝送する。

スタブ整合器 8 は、コンピュータ 13 から伝送

された制御信号に基づいて、マイクロ波発生源 3 側と負荷とのインピーダンスを整合するとともに、スタブ 8 a<sub>1</sub> ~ 8 a<sub>5</sub> を動作させて負荷のインピーダンス値を目標値に自動設定する。この際、プラズマ放電前に、放電直後の負荷のインピーダンス値が目標値に近くなるようにスタブ整合器 8 をある程度設定してあるので、放電直後の負荷のインピーダンス値を高速で目標値に設定することができる。

ここで、例えば発光強度の強いプラズマ安定モードとなるように目標値を設定した場合は、スタブ 8 a<sub>1</sub> ~ 8 a<sub>5</sub> を、各々、例えば 15 mm、0 mm、0 mm とする。また、例えば発光強度の弱いプラズマ安定モードとなるように目標値を設定した場合は、スタブ 8 a<sub>1</sub> ~ 8 a<sub>5</sub> を、各々、例えば 0 mm、0 mm、15 mm とする。

このようにしてインピーダンス整合点および所定のプラズマ安定モードを自動設定した後、プラズマ処理を一貫して同一のプラズマ安定モードで行うように、スタブ整合器 8 および第一、第二電

磁コイル 11 a、11 b の設定値を固定してプラズマ処理を続ける。

以上、本実施例 2 によれば、プラズマ放電の前に、放電直後の負荷のインピーダンス値が初めから目標値に近くなるように、スタブ整合器 8 を予め自動設定しておくことにより、インピーダンス整合およびプラズマ安定モードを高速で自動設定することが可能となる。

#### 〔実施例 3〕

ところで、前記実施例 1、2 においては、プラズマ処理装置 1 の立ち上げ時に、所定のプラズマ安定モードを自動的に選択し、安定したプラズマを生成した。そして、その際のスタブ整合器 8 および第一、第二電磁コイル 11 a、11 b の設定値を固定した状態でプラズマ処理を行った。

しかし、プラズマ処理によっては、その処理中に、例えばプラズマ生成室 9 内の汚れ等の経時変化やガス流量や圧力等の処理条件の変化あるいはガスの種類等の処理雰囲気の変化によって負荷のインピーダンス値が変動し、プラズマ安定モード

が非線形的に変動する場合がある。

そこで、本実施例 3 においては、プラズマ処理中においても継続して所定のプラズマ安定モードを自動的に選択するようにした。すなわち、例えば、前記実施例 1 で用いた第 1 図、第 2 図により説明すると、パワーモニタ 7 a は、プラズマ処理中においても定在波信号等を検出し続け、その信号をコンピュータ 13 に伝送する。コンピュータ 13 では、その信号から負荷のインピーダンス値を算出し、かつその時々算出値と目標値とを比較して、その算出値が目標値の許容範囲を超えた場合には、その算出値が目標値に近づくように、前記した負荷インピーダンス値と制御指令との相関表を参照して、スタブ整合器 8 または第一、第二電磁コイル 11 a、11 b を自動的に制御し続ける。

以上、本実施例 3 によれば、以下の効果を得ることが可能となる。

(1). すなわち、プラズマ処理中に負荷のインピーダンスが何らかの原因で急激に変動しても、その

時々に応じて負荷のインピーダンス値を目標値に近づくように、スタブ整合器 8 や第一、第二電磁コイル 11a, 11b を自動制御することにより、プラズマ処理中に負荷のインピーダンス値を常に一定領域に保つことができるので、負荷のインピーダンスの変動やハンチング現象等を防止することができ、プラズマ放電の安定性およびプロセスの再現性を大幅に向上させることが可能となる。

(2)、また、負荷のインピーダンス値と、電磁コイルの制御指令との相関表を予め作成しておき、その相関表に基づいて第一、第二電磁コイル 11a, 11b を制御することにより、負荷のインピーダンスの急激、かつ微妙な変動に対して高速、かつ高精度に対応することが可能となる。

#### (実施例 4)

ところで、前記実施例 1～3 においては、プラズマ処理を一貫して同一のプラズマ安定モードで行う場合について説明した。しかし、例えば多段階プラズマエッチング処理においては、各エッチングステップ毎に最適なプラズマ安定モードが異

なる場合がある。

例えば TiW / Al-Si-Cu / TiW の積層膜をプラズマエッチング処理する場合、TiW は、通常、SF<sub>6</sub> をベースとしたフッ素 (F) 系のガスによってエッチングし、そのエッチング処理においては、第一、第二電磁コイル 11a, 11b の励磁電流を、各々、例えば 25 A, 9 A とした時が最も安定なプラズマを生成することができる。

一方、Al-Si-Cu 合金は、通常、BCl<sub>3</sub> + CCl<sub>4</sub> 等の塩素 (Cl) 系のガスによってエッチングし、そのエッチング処理においては、第一、第二電磁コイル 11a, 11b の励磁電流を、各々、例えば (25 A, 11 A)、(25 A, 10 A) あるいは (25 A, 9 A) とした時が最も安定なプラズマを生成することができるが、中でも、25 A, 10 A の時が最も塩素の発光強度が強く、エッチングレートの高いプラズマを生成することができる。

ここで、仮に Al-Si-Cu 合金に合わせて

第一、第二電磁コイル 11a, 11b の設定値を 25 A, 10 A に設定して積層膜のプラズマエッチング処理を一貫して行くと、TiW のエッチング処理の際に、プラズマ放電が不安定となるとともに、インピーダンス整合もとれなくなり、実効入射電力の再現性が得られなくなってしまう。

そこで、本実施例 4 においては、多段階プラズマエッチング処理に際して、TiW → (Al-Si-Cu 合金) → TiW の各エッチングステップ毎に、それに最適なプラズマ安定モードが選択されるように目標値を予め設定しておくようにした。そして、コンピュータ 13 は、パワーモニタ 7a によって検出された定在波信号等に基づいて、負荷のインピーダンス値を算出し、その算出値と各エッチングステップ毎に設定された負荷のインピーダンスの目標値とを比較して、各エッチングステップ毎に、それに最適なプラズマが生成されるように、前記相関表を参照して、スタブ整合器 8 または第一、第二電磁コイル 11a, 11b を自動的に制御する。

以上、本実施例 4 によれば、以下の効果を得ることが可能となる。

- (1)、すなわち、例えば多段階プラズマエッチング処理において、各エッチングステップ毎に最適なプラズマ安定モードを選択するように目標値を予め設定しておくことにより、その処理に際し、各エッチングステップ毎に最適なプラズマを生成することができるので、多段階プラズマエッチング処理を一貫して良好に行うことが可能となる。
- (2)、また、各ステップ毎に最適なプラズマ安定モードを選択できるので、プロセスマージンを大きくすることができ、プラズマ処理装置 1 の適用処理範囲を広くすることが可能となる。

以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例 1～4 に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

例えば、前記実施例 1～4 においては、プラズマ安定モードを選択するための目標値を負荷のイ

ンピーダンスとした場合について説明したが、これに限定されるものではなく、種々変更可能である。例えば本発明者の検討によれば、プラズマ安定モードが変化すると、プラズマ発光強度も変化することが見い出された。そこで、プラズマ安定モードを選択するための目標値をプラズマ発光強度値としても良い。この場合、第3図に示すように、プラズマ処理装置1のベルジャ10の外方に発光強度モニタ(検出器)7bを設け、そのモニタ7bで検出された発光スペクトル等の信号をコンピュータ13に伝送できるようにする。

また、本発明者の検討によれば、プラズマ安定モードが変化すると、イオン電流も変化することが見い出された。そこで、プラズマ安定モードを選択するための目標値をイオン電流値としても良い。この場合、第4図に示すように、プラズマ処理装置1のベルジャ10内にプローブ等のイオン電流モニタ(検出器)7cを設置し、そのモニタ7cで検出された信号をコンピュータ13に伝送できるようにする。

また、前記実施例1～4においては、電磁コイルをベルジャの外周に設置したプラズマ処理装置に適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば電磁コイルを下部ステージの下方に設置したプラズマ処理装置に適用することも可能である。

また、前記実施例1～3においては、プラズマガスをO<sub>2</sub>としたが、これに限定されるものではなく、種々変更可能である。

以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野であるECRプラズマ・ドライエッチング技術に適用した場合について説明したが、これに限定されず種々適用可能であり、例えばマイクロ波プラズマ処理技術、ECRプラズマ・アッシング技術、ECRプラズマCVD技術、ECRプラズマ・スパッタリング技術等の他のプラズマ処理技術に適用することが可能である。

〔発明の効果〕

本願において開示される発明のうち、代表的な

ものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

すなわち、請求項1記載の発明によれば、以下の効果を得ることが可能となる。

(1)、例えば一つのプラズマ処理に際して常に一つのプラズマ安定モードを選択するように目標値を設定することにより、プラズマ処理毎、装置毎あるいはプラズマ処理中に、同一のプラズマ安定モードでプラズマ処理を行うことができるので、処理毎あるいは装置毎の特性バラツキや処理中の負荷インピーダンスの変動およびハンチング現象等を防止することができ、プラズマ放電の安定性およびプロセスの再現性を大幅に向上させることができる。

(2)、例えば多段階プラズマ処理等においては、各ステップ毎に最適なプラズマ安定モードを選択するように目標値を設定することにより、プラズマ処理に際して、各ステップ毎に最適なプラズマを生成することができるので、多段階プラズマ処理を一貫して良好に行うことが可能となる。

(3)、例えば負荷のインピーダンス値と、算出された負荷のインピーダンス値を目標値にするために最適なプラズマモード選択手段の制御指令との相関表を作成しておき、その相関表に基づいてプラズマモード選択手段を制御することにより、プラズマ処理の立ち上げに際しては、所定のプラズマ安定モードを高速で設定することができ、また、プラズマ処理中においては、負荷のインピーダンスの急激、かつ微妙な変動等に高速、かつ高精度に対応することができるので、プラズマ放電の安定性およびプロセスの再現性を大幅に向上させることが可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例であるプラズマ処理装置の要部構成図、

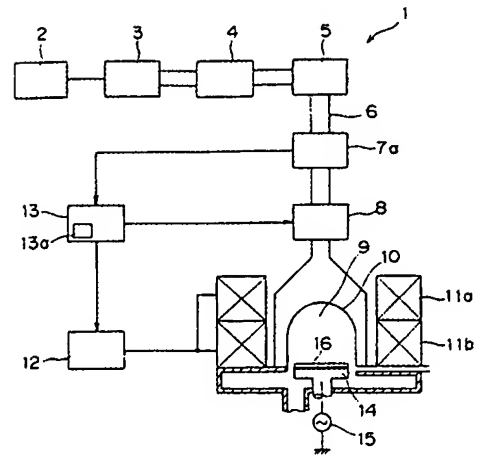
第2図はこのプラズマ処理装置のスタブ整合器を示す説明図、

第3図および第4図は本発明の他の実施例であるプラズマ処理装置をそれぞれ示す要部構成図である。

1・・・プラズマ処理装置、2・・・高圧電源、  
3・・・マイクロ波発生源、4・・・アイソレータ、5・・・方向性結合器、6・・・導波管、7  
a・・・パワーモニタ（検出器）、7 b・・・発  
光強度モニタ（検出器）、7 c・・・イオン電流  
モニタ（検出器）、8・・・スタブ整合器（プラ  
ズマモード選択手段）、8 a<sub>1</sub>～8 a<sub>3</sub>・・・スタ  
ブ、8 b<sub>1</sub>～8 b<sub>3</sub>・・・パルスモータ、9・  
・・・プラズマ生成室、10・・・ベルジヤ、11  
a・・・第一電磁コイル（プラズマモード選択手  
段）、11 b・・・第二電磁コイル（プラズマモ  
ード選択手段）、12・・・励磁用電源、13・  
・・・コンピュータ（コントロール部）、13 a・  
・・・記憶部、14・・・下部ステージ、15・・・  
バイアス用高周波電源、16・・・半導体ウエ  
ハ（被処理物）。

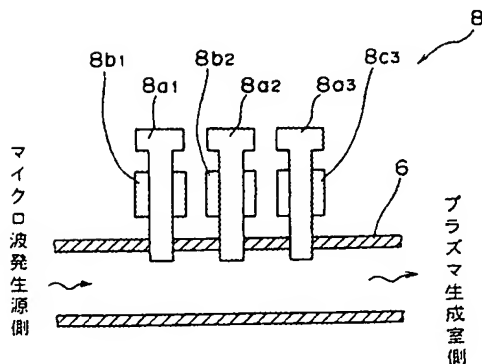
代理人 弁理士 筒井大和

第 1 図

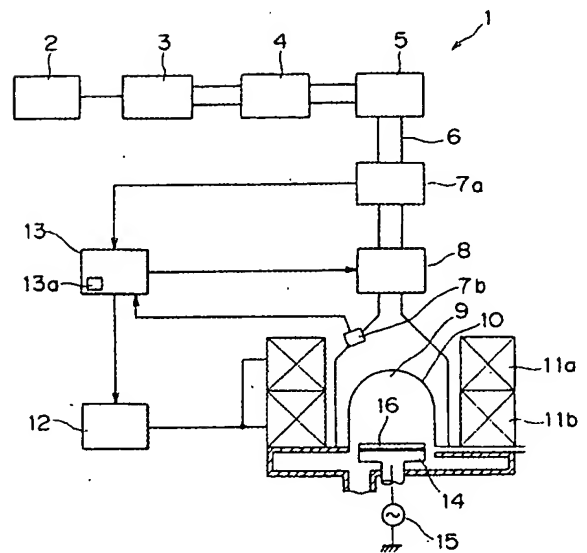


- 1：プラズマ処理装置
- 3：マイクロ波発生源
- 6：導波管
- 7 a：パワーモニタ（検出器）
- 8：スタブ整合器（プラズマモード選択手段）
- 9：プラズマ生成室
- 11 a：第一電磁コイル（プラズマモード選択手段）
- 11 b：第二電磁コイル（プラズマモード選択手段）
- 13：コンピュータ（コントロール部）
- 13 a：記憶部
- 16：半導体ウエハ（被処理物）

第 2 図

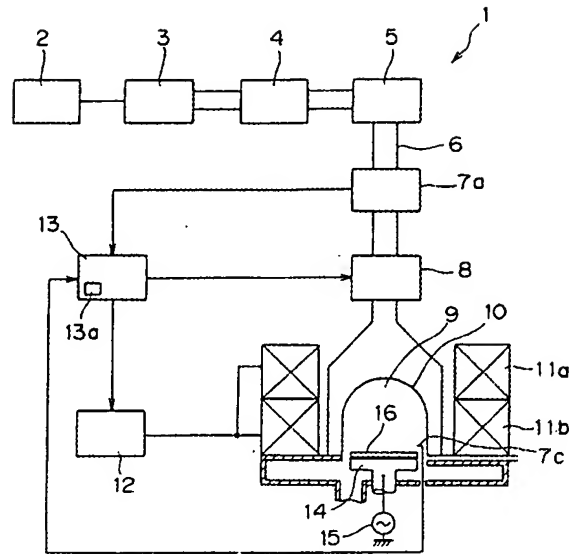


第 3 図



7 b：発光強度モニタ（検出器）

第 4 図



7c : イオン電流モニタ (検出器)

第1頁の続き

⑫発 明 者	石 田	勇 二	大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内
⑬発 明 者	吉 迫	裕 司	大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内